©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Resistenzversuche an Rotalgen

Von

Alfred Zeller

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1931)

Über die Notwendigkeit physiologisch äquilibrierter Lösungen für das Wachstum und Gedeihen von Wasser- und Landpflanzen sind schon zahlreiche Untersuchungen angestellt worden. Nachdem J. Böhm (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., Bd. 71, Abt. I, 1875) die Entdeckung gemacht hatte, daß Calcium die giftigen Wirkungen von Magnesiumsalzen auf Wurzeln aufzuheben vermag, und daß sich Pflanzen in Calciumlösungen, denen für sich allein giftige Salze von Natrium und Kalium zugesetzt sind, so entwickeln, als wenn die letzteren nicht anwesend wären, beschäftigten sich viele Forscher eingehend mit diesen Fragen. Es seien in diesem Zusammenhang nur die Namen Benecke, Osterhout und Hansteen-Cranner genannt. (Literatur auch bei Benecke-Jost, Pflanzenphysiologie, Bd. 1, p. 145, 1924.)

Stärker noch als in der botanischen fand dieses Problem des Einflusses von Salzgemischen auf Organismen in der zoologischen Literatur Bearbeitung; besonders zu erwähnen wären etwa die Namen Bethe, Ostwald und Loeb. Ausführliche Literaturangaben finden sich bei Höber, Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe, VI. Aufl., 1926.

Das Ergebnis aller dieser Arbeiten ist als Lehre vom Ionenantagonismus allgemein bekannt.

Für derartige Untersuchungen eignen sich am besten marine Organismen, die ja in physiologisch äquilibrierten Lösungen hoher Konzentration leben. Von Zoologen wurden solche Organismen in weitestem Maße zu derartigen Untersuchungen verwendet, von Botanikern bisher verhältnismäßig nur wenig. Und doch stehen gerade dem Pflanzenphysiologen für diese Untersuchungen ganz ausgezeichnete Versuchsobjekte zur Verfügung: die Rhodophyceen. Der charakteristische rote Farbstoff der Rhodophyceen ist im Leben in den Chromatophoren lokalisiert. Im Augenblick des Absterbens tritt der Farbstoff aus den Chromatophoren in den bis dahin farblosen Zellsaft und färbt ihn mehr oder weniger intensiv rot. Dieser Farbstoffaustritt, der eine unmittelbare Folge des Todes ist, kann an den Algen meist schon makroskopisch an einer Verfärbung der abgestorbenen Teile erkannt werden. Infolge der Fluoreszenz der wässerigen Lösung des Phycoerythrins (vgl. hiezu auch Molisch,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Botan. Ztg., 1894, p. 177) erscheint der Thallus, der im Leben ein klares, reines Rot zeigt, nunmehr orange-, ziegel- oder mennigrot. Molisch hat schon 1897 diese Eigenschaft der Rhodophyceen bei seinen »Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen« (Jena, Fischer), benutzt. Man hat also, wie im Pflanzenreich wohl sonst nirgends, eine deutliche Lebensreaktion zur Verfügung, die ohne weiteren Eingriff sofort erkennen läßt, ob eine Zelle lebt oder nicht. Diese Eigenschaft macht die Rhodophyceen zu den geeignetsten Objekten für derartige Versuche.

Osterhout hat schon 1906 Versuche über die Notwendigkeit physiologisch äquilibrierter Lösungen für Meeresalgen angestellt (Botan. Gaz., *42*, 127). Er untersuchte jedoch nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Salzgemischen und paßte ihren osmotischen Wert auch nicht vollständig dem des Meerwassers an. Es bot also beträchtliches Interesse das Verhalten von Rotalgen in Salzgemischen, die mit dem natürlichen Seewasser genau isotonisch sind, zu untersuchen. Es wurden Salzgemische verwendet, deren Zusammensetzung sich durch Weglassung eines oder mehrerer Bestandteile des natürlichen Meerwassers ergab. Weiters sollte untersucht werden, ob und wie weit die Schädigungen, die den Algen bei kürzerem Aufenthalt in den einzelnen Salzgemischen zugefügt werden, bei darauffolgender Überführung in vollständiges Seewasser reversibel sind. Zu solchen Resistenzversuchen vergleiche besonders die Ausführungen von Höfler, Österr. botan. Zeitschr., *80*, 69, 1931.

Ein Aufenthalt an der Biologischen Anstalt auf Helgoland (Juli 1930) gab mir willkommene Gelegenheit, diese Fragen in einer kleinen Versuchsreihe näher zu untersuchen.

Material und Methodik.

Um unter den verschiedenen in Betracht kommenden Spezies der Rhodophyceen die geeignetste herauszufinden, wurden zuerst einige Versuche angestellt um zu sehen, ob der oben erwähnte, den Tod anzeigende Farbenumschlag auch entsprechend deutlich wahrnehmbar sei. Ein besonderes Augenmerk mußte dem Bryozoenbewuchs geschenkt werden, der besonders bei langsam wachsenden Formen sehr stark war. Die Bryozoen, die im Laboratorium in wenigen Stunden absterben, verderben durch ihre Fäulnis jeden Versuch, der sie in größerer Menge enthält. Leider zeigte eines der geeignetsten Versuchsobjekte, *Plocamium coccineum*, einen derart starken Bryozoenbewuchs, daß es unmöglich war, auch nur wenige Zentimeter lange bryozoenfreie Stückchen zu finden. Von einer Verwendung dieser Alge zu den Versuchen mußte also abgesehen werden. Ein hervorragend geeignetes Objekt war auch *Trailliella intricata*, die auch zur ersten Versuchsreihe verwendet wurde. Leider stand sie später nicht mehr in der entsprechenden Menge zur Verfügung, so daß ein neues Versuchsobjekt gefunden werden mußte. Trotz ziemlich starkem Bryozoenbewuchs erwies sich *Rhodomela subfusca* als

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

relativ sehr gut geeignet. Da sie jederzeit in der notwendigen Menge und Frische beschafft werden konnte, wurden mit ihr die Mehrzahl der Versuche ausgeführt. Es gelang leicht, von *Rhodomela subfusca* bis über 5 *cm* lange Büschelchen (oberste Teile von größeren Exemplaren) zu finden, die praktisch frei von Bryozoen waren.

Der Vorbereitung des Versuchsmaterials wurde besondere Sorgfalt gewidmet. Die Versuchspflänzchen wurden sofort nach Aufholen der Dredsche an Bord in großen Mengen öfters gewechselten Seewassers gewaschen und augenscheinlich unbrauchbare Stücke sofort entfernt. Im Laboratorium wurden dann alle Stücke, die stärkeren Bryozoenbewuchs aufwiesen, entfernt und zugleich die Ästchen so zugeschnitten, wie sie zu den Versuchen verwendet wurden. Die Zweiglein blieben 1 bis 2 Tage in einem recht großen Wasservolumen, damit man sehen konnte, ob sie in der Kultur auch tatsächlich weiterkämen. Diese Maßregel erwies sich als durchaus nicht unbegründet, da immer im Verlauf eines Tages eine nicht unbeträchtliche Anzahl Zweige, von denen man es vorher keineswegs erwarten konnte, abstarben. Nur so auf ihre Lebensfähigkeit geprüfte Algenstückchen wurden zu den im folgenden beschriebenen Versuchen verwendet, die an einem nordseitigen Fenster im II. Stock des Gebäudes der Helgoländer Biologischen Anstalt durchgeführt wurden.

Die Gefäße, in denen die Versuche angestellt wurden, waren neue Glasschalen von etwa 12 *cm* Durchmesser, 6 bis 7 *cm* Höhe und faßten etwas mehr als $^1/_2$ *l*. Vor Gebrauch wurden sie mit starker Salzsäure gereinigt, einige Male mit Wasser der Zisterne der Biologischen Anstalt gewaschen, schließlich noch zweimal mit destilliertem Wasser nachgespült und dann trocknen gelassen. Während der Versuche wurden sie mit Glasdeckeln, die den Luftzutritt nicht verhinderten, bedeckt.

Das zu den Versuchen verwendete künstliche Seewasser wurde nach dem Rezept von Runström bereitet. Die vollständige Mischung besteht aus:

100 cm^3....	3·60% NaCl
2 cm^3..	4·64% KCl
3·5 cm^3.	4·43% $CaCl_2$
10·5 cm^3....	3·68% $MgCl_2$
3·0 cm^3..	..21·5 % $MgSO_4$ (+7 H_2O)
x cm^3....	5·21% $NaHCO_3$

Das Natriumbikarbonat wird zur Einstellung des richtigen *pH* (zirka 7·6 bis 7·8) in entsprechender Menge zugesetzt. Das *pH* des ungepufferten künstlichen Seewassers konnte ich leider nicht genau bestimmen, da mir zur *pH*-Messung ein Hellige-Komparator mit nur einem Indikator (Phenolrot), der bloß zwischen *pH* 6·8 bis 8·4 ablesbare Werte gibt, zur Verfügung stand. Ich konnte also nur feststellen, daß vor Zusatz des $NaHCO_3$ das *pH* des künstlichen Seewassers unter 6·8 lag. Zur Einstellung auf 7·6 bis 7·8

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

waren ungefähr 3 bis 4 cm^3 der 5·21prozentigen $NaHCO_3$-Lösung notwendig (für 200 cm^3 Mischung). Um sicher immer genug gepuffert zu haben, wurden zu jeder Versuchslösung 5·0 cm^3 Puffer zugefügt, da sich gezeigt hatte, daß das *pH* nicht über 7·7 stieg. Leider zeigte sich später, daß in manchen Kontrollversuchen die Algen in den ungepufferten Lösungen besser aushielten als in den gepufferten. Ob dies durch die größere Bikarbonatmenge in den gepufferten Lösungen oder durch andere Ursachen bedingt wurde, konnte nicht untersucht werden.

Alle verwendeten Salze waren Merk-p.a.-Präparate. Die Lösungen wurden genau eingewogen, dann für jeden Versuch 200 cm^3 der 3·6prozentigen NaCl-Lösung in eine Schale pipettiert und die übrigen Salzlösungen aus Büretten zufließen gelassen. Alle verwendeten Lösungen waren, wie schon erwähnt, isotonisch und die Differenz ihrer Gefrierpunktserniedrigungen beträgt nach Runström's Angaben maximal nur etwa 0·06° C. (im Mittel nicht ganz 0·04°). Die Temperatur des Versuchsraumes betrug durchschnittlich 16 bis 20° C.

Versuche.

Die erste orientierende Versuchsreihe wurde mit *Trailliella intricata* durchgeführt; leider stand dieses ausgezeichnete Versuchsobjekt für weitere Versuche, wie schon eingangs erwähnt, dann nicht mehr zur Verfügung. Es wurde also die Lebensdauer dieser Alge einerseits in vollständigem künstlichen Seewasser, anderseits in künstlichem Seewasser, dem einzelne Komponenten fehlten, untersucht. Die folgende Tabelle gibt die Versuche mit *Trailliella intricata* wieder. Es bedeutet *l*: alle Zellen leben; *t*: alle Zellen tot; 25% *t*: etwa 25% aller Zellen sind abgestorben usw. Dieselbe Bezeichnungsart gilt auch für Tabelle II.

Tabelle I.

Versuchslösung	Versuchsdauer in Stunden				
	7	21	26	32	46
Natürliches Seewasser ..	*l*	*l*	*l*	*l*	*l*
Künstliches ..	*l*	*l*	*l*	*l*	*l*
ohne K ..	*l*	25% *t*	50% *t*	75% *t*	*t*
Ca .	75% *t*	*t*			
Mg ..	10—20% *t*	*t*			

Vom Einfluß des Fehlens von Kalium, Calcium, beziehungsweise Magnesium ergibt sich demnach folgendes Bild. Am meisten schädigt Calciummangel: schon nach 7 Stunden sind zirka drei Viertel aller Zellen tot. In der magnesiumfreien Lösung sind nach 7 Stunden erst zirka 10 bis 20% der Zellen abgestorben, während in der kaliumfreien Lösung noch alle Zellen am Leben sind. Nach

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

21 Stunden sind darin die kalium-, beziehungsweise magnesiumfrei gehaltenen Versuchspflänzchen schon vollständig tot, während die kaliumfrei gehaltenen eben langsam abzusterben beginnen; sie sind erst nach 46 Stunden vollständig abgestorben. Die Kontrollen (natürliches und künstliches Seewasser) leben alle.

Die weiteren Versuche, die, wie schon erwähnt, alle mit *Rhodomela subfusca* ausgeführt wurden, sollten einerseits das Verhalten gegen Seewasser, dem mehrere Kationen fehlen, zeigen, anderseits erkennen lassen, wann die Schädigung, die die Zellen durch das abnorm zusammengesetzte Seewasser erleiden, irreversibel wird. Folgende Lösungen wurden vergleichend untersucht:

Natürliches Seewasser,
Künstliches ohne $NaHCO_3$,
" mit $NaHCO_3$,
" ohne K,
" Ca,
" Mg,
" Sulfat,
" K und Mg,
" K und Ca,
" Mg und Ca,
Reines NaCl mit $NaHCO_3$.

Tabelle II.

Versuchsobjekt: *Rhodomela subfusca.*

Versuchslösung	Versuchsdauer in Stunden				
	7	22	28	47	120
Natürliches Seewasser	*l*	*l*	*l*	*l*	*l*
Künstliches Seewasser ohne $NaHCO_3$	*l*	*l*	*l*	*l*	*l*
Künstliches Seewasser mit $NaHCO_3$	*l*	*l*	*l*	*l*	teilweise *t*
Künstliches Seewasser ohne K	Spitzen absterbend	Spitzen absterbend	Spitzen absterbend	50% *t*	*t*
Künstliches Seewasser ohne Ca	75% *t*	*t*			
Künstliches Seewasser ohne Mg	50% *t*	*t*			
Künstliches Seewasser ohne Sulfat	*l*	*l*	*l*	Spitzen ganz schwach absterbend	
Künstliches Seewasser ohne K und Mg	75% *t*	*t*			
Künstliches Seewasser ohne K und Ca	75% *t*	*t*			
Künstliches Seewasser ohne Mg und Ca	*t*				
NaCl und $NaHCO_3$	schon nach 4 Stund. tot				

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Eine (mit dem natürlichen Seewasser isotonische) Lösung von Natriumchlorid schädigt also die Versuchspflänzchen am meisten; bereits nach weniger als 4 Stunden sind die Zweige abgestorben. Auf die Reversibilität der Schädigung durch Natriumchlorid soll weiter unten noch zurückgekommen werden.

Ein Gemisch von Kalium- und Natriumchlorid führte schon nach 7 Stunden zu Tod und Farbstoffaustritt; die Pflänzchen in einem Gemisch aus Natriumchlorid, Magnesiumchlorid und Magnesiumsulfat waren zur selben Zeit noch nicht ganz abgestorben, ebensowenig die in einem Gemisch aus Natrium- und Calciumchlorid. Nur zu ungefähr drei Viertel abgestorben waren zur selben Zeit die Algen in calciumfreiem Seewasser; mindestens die Hälfte lebte noch in der magnesiumfreien Lösung und gerade nur an wenigen äußersten Spitzchen war der Beginn der Schädigung in der kaliumfreien Lösung zu bemerken. Keine Schädigung zeigte die sulfatfreie Lösung.

Nach 22 Stunden lebten nur mehr die Versuchsobjekte in der kaliumfreien und in der sulfatfreien Lösung, alle anderen waren bereits abgestorben. In der kaliumfreien Lösung begannen die Spitzen bereits deutlich abzusterben, wärend in der sulfatfreien dies erst nach 47 Stunden schwach bemerkbar wurde. Nach 120 Stunden waren auch diese beiden Versuchspflanzen tot. Von den Kontrollen lebten noch alle, nur die im gepufferten Seewasser zeigten an einzelnen Stellen abgestorbene Zellen.

Die Reversibilitätsversuche wurden auf folgende Art durchgeführt: Ehe die Versuchspflänzchen (es wurden zu jedem Versuch sowie auch bei allen anderen immer mehrere Stämmchen genommen) in die Lösung eingetragen wurden, wurden sie gründlich zweimal mit isotonischer Natriumchloridlösung gewaschen, wie dies auch bei allen anderen Versuchen zur Entfernung des anhaftenden Seewassers geschah. In die einzelnen Lösungen wurden diesmal eine ziemliche Anzahl (etwa 15) kleiner Zweige eingelegt und nach $1^1/_2$, $2^1/_4$, 5 und 7 Stunden je einige herausgenommen und in vollständiges künstliches Seewasser übertragen.[1] Diese Versuche zeigten folgendes:

Ein $1^1/_2$stündiger Aufenthalt in Natriumchlorid läßt äußerlich noch keine besonderen Schädigungen erkennen; in Seewasser überführt, sterben die Pflanzen aber schon nach 7 Stunden ab. Bereits nach 5 Stunden beginnt der Farbstoffaustritt. $2^1/_2$stündige Behandlung mit Natriumchlorid läßt die wenigen überlebenden Zellen im Lauf der nächsten $1^1/_2$ Stunden im Seewasser absterben. Längere Behandlung mit NaCl liefert natürlich überhaupt nur totes Material.

[1] Daß die Verwendung von künstlichem Seewasser keine Fehlerquelle bedeutet, ergibt sich aus dem Fortleben der nur wenig geschädigten Versuchspflänzchen sowie daraus, daß die Kontrollversuche im Vergleich zum natürlichen Seewasser in den verwendeten Versuchszeiten (maximal 119 Stunden) keine Unterschiede zeigten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$1^1/_2$stündige Einwirkung von calciumfreiem Seewasser wird von *Rhodomela subfusca* vollständig überlebt. $2^1/_4$stündige Einwirkung läßt nach 119 Stunden ungefähr drei Viertel der Alge abgestorben sein. Bei fünfstündigem Aufenthalt in der calciumfreien Lösung leben nach 119 Stunden nur mehr wenige Zellen und die 7 Stunden behandelten Stücke sind schon nach 47 Stunden vollkommen abgestorben.

Die Schädigungen, die durch einen $1^1/_2$stündigen Aufenthalt in calciumfreiem Seewasser hervorgerufen werden, sind also nicht derart, daß sie ein Weiterleben der Alge in vollständigem Seewasser unmöglich machten; ein Aufenthalt von $2^1/_4$ Stunden dagegen schädigt schon irreversibel.

Ganz ähnlich wirkt Magnesiummangel. $1^1/_2$stündiges Fehlen von Magnesium wird glatt vertragen. Bei $2^1/_4$ und 5 Stunden sind die Schäden nicht so stark wie bei gleich langem Calciummangel und nach 119stündiger Versuchsdauer waren diese Algen zu kaum mehr als 50% tot. Die Pflänzchen, die 7 Stunden in magnesiumfreiem Seewasser gewesen waren, starben anfänglich etwas langsamer ab als die entsprechenden calciumfreien Pflänzchen; nach 47 Stunden waren sie jedoch so wie jene vollständig abgestorben.

In Lösungen ohne Magnesium und ohne Calcium, die also nur Kalium und Natrium enthielten, zeigte es sich, daß die Algenbüschelchen schon in $1^1/_2$ Stunden irreversible Schäden erlitten; 47 Stunden nach Versuchsbeginn waren sie tot. Längeres Verweilen ($2^1/_4$ Stunden) in dem Kalium-Natrium-Gemisch führte schon innerhalb der ersten 7 Versuchsstunden zu vollständigem Absterben der Pflänzchen. Einen fünfstündigen Aufenthalt in dem K-Na-Gemisch hielten die Algen nicht aus, sie starben ab, und zwar unter Farbstoffaustritt. Bei Pflänzchen, die zwar im Na-K-Gemisch irreversibel geschädigt worden waren, aber erst in vollständigem Seewasser abstarben, trat kein Farbstoff aus. Der Farbstoffaustritt trat also nur beim Absterben in Natrium- oder Na-K-Lösungen ein.

Die Zweiglein, die eine Zeitlang einer magnesiumfreien Lösung ausgesetzt gewesen waren, starben merkwürdigerweise alle von der Basis oder von der Mitte beginnend ab.

Im übrigen erfolgte das Absterben meist von der Spitze der Zweiglein aus, wie das auch bei verschiedenen Resistenzversuchen anderer Autoren an Rotalgen beobachtet worden ist. Vgl. hiezu C. M. Child, Botan. Gaz., *62*, 1916 und H. Kylin, Botaniska Notiser, 1927, p. 249.

Übereinstimmend zeigt sich also, daß in unvollständigen Salzgemischen irreversible Schädigungen an den Protoplasten sehr viel früher bewirkt werden, als der Farbaustritt aus den Chromatophoren den Tod direkt anzeigt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In einigen letzten Versuchen wurde getrachtet, festzustellen, wie lange ohne irreversible Schädigung eine Natriumchloridlösung ausgehalten wird. Es zeigte sich, daß nach viertelstündigem Verweilen in reinem Natriumchlorid (gepuffert) die Algen in reinem Seewasser ohne merkbare Schädigung fortlebten. Ein halbstündiger Aufenthalt in NaCl führte schon nach 24 Stunden bei ungefähr der Hälfte der Zellen zum Tod und nach 65 Stunden war alles tot. Eine dreiviertel-, beziehungsweise einstündige Behandlung mit NaCl führte schon in weniger als 15 Stunden zum Tod der betreffenden Zweiglein.

Ein paar Worte seien noch gesagt über die Art, wie ermittelt wurde, ob ein Ästchen noch lebe oder nicht. Da *Rhodomela* nicht aus einem einzigen Zellfaden besteht (wie *Trailliella)*, sterben natürlich nicht alle Zellschichten gleichzeitig ab, zumal ja vermutlich im Innern des Fadens immer Reste von natürlichem Seewasser festgehalten werden, so daß die Versuchslösungen nicht ohne weiteres auf die Zellen einwirken können. Als Kriterium des Todes wurde daher immer die Verfärbung der Rindenzellen, die meist schon makroskopisch als Farbenänderung des ganzen Thallus sichtbar wird, betrachtet. Alle nur irgendwie zweifelhaften Fälle wurden unter dem Mikroskop kontrolliert; alle Schätzungen über die Zahl der toten Zellen in Prozenten der Gesamtzahl der Zellen stammen aus mikroskopischen Beobachtungen.

Zusammenfassung.

Zum Schluß seien die Ergebnisse dieser kleinen Versuchsreihe übersichtlich zusammengestellt:

1. Die Lebensdauer von *Rhodomela subfusca* (beziehungsweise bei Gemischen, denen nur eine Kation fehlt, auch von *Trailliella intricata)* wird in gepufferten Salzgemischen, die mit Seewasser isotonisch sind und aus nachstehenden Salzen bestehen, immer größer.

$NaCl$
$NaCl + KCl$
$NaCl + MgCl_2$
$NaCl + CaCl_2$
$NaCl + KCl + MgCl_2 + MgSO_4$
$NaCl + KCl + CaCl_2$
$NaCl + CaCl_2 + MgCl_2 + MgSO_4$
$NaCl + KCl + CaCl_2 + MgCl_2$
$NaCl + KCl + CaCl_2 + MgCl_2 + MgSO_4$ (vollständiges künstliches Seewasser).

Die ungefähren Absterbezeiten sind den oben mitgeteilten Tabellen zu entnehmen.

W. Ostwald hat die Resistenz eines in Süßwasser lebenden *Gammarus*, der auch Meerwasser sehr gut verträgt, gegen Salz-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gemische, denen einzelne Komponenten des Meerwassers fehlen, untersucht. Er kommt zu folgender Reihe steigender Schädlichkeit, die ich mit der von mir gefundenen vergleiche.

Gammarus (Ostwald)	*Rhodomela*
$NaCl+KCl+MgSO_4+MgCl_2+CaCl_2$	$NaCl+KCl+MgSO_4+MgCl_2+CaCl_2$
	$NaCl+KCl+CaCl_2+MgCl_2$
$NaCl+KCl+CaCl_2+MgSO_4$	
	$NaCl+CaCl_2+MgCl_2+MgSO_4$
$NaCl+KCl+CaCl_2$	$NaCl+KCl+CaCl_2$
	$NaCl+KCl+MgCl_2+MgSO_4$
	$NaCl+CaCl_2$
	$NaCl+MgCl_2+MgSO_4$
$NaCl+KCl$	$NaCl+KCl$
$NaCl$	$NaCl$

Soweit also gleiche Lösungen verwendet wurden, stimmen die beiden Reihen vollständig überein.

Endlich sei noch eine Reihe angeführt, die Osterhout mit seinen Rotalgen erhielt und die in den ersten zwei Gemischen mit unserer nicht übereinstimmt.

$NaCl+KCl+CaCl_2$
$NaCl+CaCl_2+MgCl_2$
$NaCl+KCl+MgCl_2$
$NaCl$

2. Bringt man Algen, nachdem sie einige Zeit der Einwirkung unvollständiger isotonischer Salzgemische von ähnlicher Zusammensetzung wie sie das natürliche Seewasser hat, ausgesetzt waren, in vollständiges Meerwasser zurück, so zeigt sich, daß sie je nach der Dauer der Einwirkung entweder weiterleben oder nach verschieden langer Zeit absterben. Die abnormen Medien wirken dabei je nach ihrer Zusammensetzung verschieden. In steigender Reihenfolge der Verträglichkeit lautet die Liste der untersuchten Lösungen:

$NaCl$
$NaCl+KCl$
$NaCl+KCl+MgCl_2+MgSO_4$
$NaCl+KCl+CaCl_2$

3. Bleiben die *Rhodomela*-Zweiglein bis zum Tod in Na- oder Na-K-Lösungen, so tritt der Farbstoff in die umgebende Lösung aus. Erfolgt das Absterben der irreversibel geschädigten Algen in vollständigem Seewasser, so unterbleibt der Farbstoffaustritt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ist Magnesiummangel die Todesursache, so beginnt das Absterben nicht wie sonst von der Spitze, sondern von der Mitte oder Basis der Zweiglein aus.

Für die Subvention, durch deren Gewährung vorliegende Arbeit ermöglicht wurde, erlaube ich mir, der Akademie der Wissenschaften in Wien meinen ergebensten Dank auszusprechen. Aufrichtigsten und herzlichsten Dank sage ich auch Herrn Professor Dr. Karl Höfler, der diese Arbeit anregte und sie jederzeit mit Rat und Tat aufs eifrigste förderte. Auch möchte ich nicht versäumen, an dieser Stelle der Leitung der Biologischen Anstalt auf Helgoland und besonders Herrn Kustos Dr. J. Schreiber für das mir erwiesene Entgegenkommen bestens zu danken.